



TUGAS AKHIR TF 145565

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
pH NUTRISI PADA *MINI PLANT GREENHOUSE*
HIDROPONIK DENGAN MENGGUNAKAN
METODE LOGIKA *FUZZY* BERBASIS ARDUINO
UNO**

**JERRY ARDIYANTO
NRP 2413.031.025**

**Dosen Pembimbing:
Hendra Cordova, S.T, M.T
NIPN. 19690530 199412 1 001**

**PROGRAM STUDI D3 METROLOGI INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2016**

Halaman ini sengaja dikosongkan



FINAL PROJECT- TF 145565

***DESIGN OF pH NUTRITION CONTROL
SYSTEM IN HYDROPONIC GREENHOUSE
MINI PLANT USING FUZZY LOGIC METHOD
BASED ON ARDUINO UNO***

**JERRY ARDIYANTO
NRP 2413.031.025**

**Supervisor:
Hendra Cordova, S.T, M.T
NIPN. 19690530 199412 1 001**

**STUDY PROGRAM D3 METROLOGI INSTRUMENTATION
DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2016**

Halaman ini sengaja dikosongkan

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN pH NUTRISI PADA MINI *PLANT GREENHOUSE* HIDROPONIK DENGAN MENGGUNAKAN METODE LOGIKA *FUZZY* BERBASIS ARDUINO UNO

TUGAS AKHIR

Oleh:

Jerry Ardiyanto
NRP 2413031025

Surabaya, 24 Juni 2016
Mengetahui/Menyetujui,

Dosen Pembimbing



Hendra Cordova, S.T, M.T
NIPN. 19690530 199412 1 001

Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI-ITS



Agus M. Hatta, S.T, M.Si, Ph.D
NIPN 19780902 200312 1 002

Ketua Program Studi
DIII Metrologi dan Instrumentasi



Dr.Ir. Purwadi Agus D, M.Sc
NIP. 19620822 198803 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN pH NUTRISI PADA MINI PLANT GREENHOUSE HIDROPONIK DENGAN MENGGUNAKAN METODE LOGIKA FUZZY BERBASIS ARDUINO UNO

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Ahli Madya

pada

Bidang Studi Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol

Program Studi D-3 Metrologi Instrumentasi

Jurusan Teknik Fisika

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

JERRY ARDIYANTO

NRP. 2413031025

Ditetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Hendra Cordova, ST, MT. (Pembimbing)
2. Ir. Tutug Dhanardono, MT. (Penguji I)
3. Ir. Harsono Hadi, MSc, Ph.D. (Penguji II)
4. Bagus Tri Atmaja, ST, MT. (Penguji III)
5. Fitri Adi Iskandrianto, ST, MT. (Penguji IV)

SURABAYA, 24 JUNI 2016

SISTEM PENGENDALIAN pH NUTRISI PADA MINI PLANT GREENHOUSE HIDROPONIK DENGAN MENGGUNAKAN METODE LOGIKA FUZZY BERBASIS ARDUINO UNO

Nama Mahasiswa : Jerry Ardiyanto
NRP : 2413031025
Jurusan/Fakultas : Teknik Fisika FTI-ITS
Pembimbing : Hendra Cordova, ST, M.T

Abstrak

Hidroponik adalah budidaya menanam dengan memanfaatkan air tanpa menggunakan tanah dengan menekankan pada pemenuhan kebutuhan nutrisi bagi tanaman sehingga diperlukan sistem pengendalian pH nutrisi pada plant hidroponik untuk menjaga kuliatas tanaman. Pada sistem pengendalian ini memiliki *set point* 5,5,-6,5 dengan aktuator dua motor *wiper* dan satu motor DC. Dua motor *wiper* yang digunakan bertugas untuk mennyuntikkan larutan pH *up* jika pH berada dibawah *set point* dan menyuntikkan larutan pH *down* jika pH berada diatas *set point*. Dalam pengembangannya dibutuhkan suatu metode untuk mendapatkan respon yang baik. Metode yang digunakan adalah metode logika *fuzzy* dengan diterapkan pada *software* mathlab yang terintergrasi dengan arduino uno. Dari sistem pengendalian yang dibuat didapat dua macam data respon pengendalian yaitu pengendalian pada respon naik dan respon turun. Pada grafik respon naik diperlukan waktu *settling time* (t_s) = 16 menit, *error steady state* (e_{ss}) = 0.1 pH. sedangkan pada grafik respon turun diperlukan waktu *settling time* (t_s) = 18 menit, *error steady state* (e_{ss}) = 0.1 pH.

Kata Kunci: Arduino Uno, Hidroponik, Logika Fuzzy, pH.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DESIGN OF pH NUTRITION CONTROL SYSTEM IN HYDROPONIC GREENHOUSE MINI PLANT USING FUZZY LOGIC METHOD BASED ON ARDUINO UNO

Name of student : Jerry Ardiyanto
Number of registration : 2413 031 025
Department : Engineering Physics FTI-ITS
Supervisor : Hendra Cordova, ST, MT

Abstract

Hydroponics is a plant cultivation by using water with feeding nutrients for plant it needs pH control system to keep quality of plant. This control system have set point on 5,5 - 6,5 pH and 3 actuators, they are 1 DC motor and 2 wiper motors. Two wiper motors is used to inject pH up solution when pH is lower than set point and used to inject pH down solution when pH is higher than set point. In development, it needs specifically method to get a good respon. The method is fuzzy logic and implemented in Matlab software that integrated with Arduino Uno. From its control system created, we get 2 type of responses, they are up respon data and down respon data. At up respon data have settling time (t_s) = 16 minutes, error steady state (e_{ss}) = 0.1 pH and at down respon data have settling time (t_s) = 18 minutes, error steady state (e_{ss}) = 0.1 pH.

Keyword : Arduino Uno, Hydroponic, Fuzzy Logic, pH

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah kami ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya selama kegiatan pengerjaan tugas akhir dengan judul laporan tugas akhir “RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN pH NUTRISI PADA *MINI PLANT GREENHOUSE* HIDROPONIK DENGAN MENGGUNAKAN METODE LOGIKA *FUZZY* BERBASIS ARDUINO UNO” sehingga dapat terlaksana dengan baik dan dapat terselesaikan tepat waktu.

Kegiatan pengerjaan tugas akhir hingga penyusunan laporan tugas akhir tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang telah memberikan limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga laporan kerja praktik ini dapat diselesaikan tepat pada waktunya.
2. Seluruh pihak keluarga terutama ibu dan bapak yang telah mendukung penulis baik secara moril maupun materiil
3. Bapak Agus M. Hatta, S.T, M.Si, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS yang saya hormati
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Sekartedjo, MSc selaku dosen wali di Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS
5. Bapak Hendra Cordova, S.T, M.T selaku dosen pembimbing tugas akhir di Jurusan Teknik Fisika FTI-ITS
6. Kepada sahabat saya Mima Aulia yang telah membantu penulis dalam penulisan laporan ini serta memberikan saran-saran yang sangat dibutuhkan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
7. Rekan-rekan F48, Laboratorium Workshop Instrumentasi, Alen Jaya yang telah mendoakan kelancaran pelaksanaan tugas akhir, memberikan fasilitas untuk mengerjakan tugas akhir serta memberikan keceriaan selama pengerjaan tugas akhir

8. Semua pihak yang tidak memungkinkan untuk disebutkan satu persatu yang telah membantu baik di lapangan maupun dalam penyusunan laporan kerja praktik.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu, penulis mengharapkan saran serta kritik yang membangun dari semua pihak agar laporan tugas akhir ini selanjutnya dapat disempurnakan. Semoga laporan ini bermanfaat bagi siapapun. Penulis mohon maaf atas setiap kesalahan yang dilakukan selama pengerjaan tugas akhir sampai penyusunan laporan kerja praktik ini.

Surabaya, 24 Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Sistematika Laporan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Hidroponik	5
2.2 Sensor pH.....	7
2.3 Sistem Pengendalian	8
2.4 Logika <i>Fuzzy</i>	9
2.5 Nutrisi Tanaman.....	10
2.6 Mikrokontroller ATmega 328 (Arduino UNO)	12
BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT .	17
3.1 Gambaran umum	17
3.2 Diagram Blok Sistem Pengendalian pH.....	19
3.3 Studi Literatur	20
3.4 Perancangan Sistem Mekanik	21
3.5 Perancangan Sistem Elektrik.....	22
3.6 Perancangan <i>Software</i>	24

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 pH Meter Digital	8
Gambar 2.2 Sistem Pengendalian Loop Terbuka	9
Gambar 2.3 Sistem Pengendalian Loop Tertutup	9
Gambar 2.4 Arduino UNO R3	13
Gambar 3.1 Flowchart Metodologi	18
Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem Pengendalian pH	19
Gambar 3.3 Desain Miniplant Greenhouse Hidroponik	21
Gambar 3.4 Greenhouse Hidroponik	22
Gambar 3.5 Sensor pH.....	23
Gambar 3.6 Rangkaian Driver Motor	24
Gambar 3.7 FIS Pada Sistem Pengendalian EC	25
Gambar 3.8 Fungsi Keanggotaan Error EC.....	25
Gambar 3.9 Fungsi Keanggotaan Buka Pompa	26
Gambar 3.10 Aturan Logika <i>Fuzzy</i>	26
Gambar 3.11 <i>Serial Code</i> Arduino	27
Gambar 4.1 Grafik Perubahan pH Terhadap Usia Tanaman	29
Gambar 4.2 Grafik Perubahan Respon Sensor Turun.....	34
Gambar 4.3 Grafik Perubahan Respon Sensor Naik	34
Gambar 4.4 Grafik Uji Respon <i>Control</i> pH <i>Up</i>	37
Gambar 4.5 Grafik Uji Respon <i>Control</i> pH <i>Down</i>	38

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kebutuhan EC & pH Larutan Nutrisi Bagi Beberapa Tanaman	12
Tabel 2.2 Datasheet Arduino UNO R3	13
Tabel 4.1 Data Uji Sensor pH dengan <i>Buffer</i> 7	30
Tabel 4.2 Data Uji Sensor pH dengan <i>Buffer</i> 4	31
Tabel 4.3 Data Uji Sensor pH dengan <i>Buffer</i> 10	32
Tabel 4.4 Data pH Perlubang Netpot	37
Tabel 4.5 Data Perbandingan pH	38

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini lahan di bumi semakin sempit apabila manusia tidak mengelola dengan optimal dan efisien. Banyak penduduk perkotaan yang membuat komunitas penghijauan atau lebih dikenal dengan istilah *Go Green*. Komunitas ini dibentuk untuk penghijauan kembali kotanya, akan tetapi tidak sedikit pula yang tidak tertarik sama sekali dengan gerakan penghijauan ini karena merasa repot untuk melakukannya, tidak sedikit dari mereka yang malas dan takut kotor. Beberapa tahun terakhir telah banyak gerakan hidroponik sebagai solusi berkebun untuk penduduk di daerah perkotaan. Hidroponik adalah seni menanam dengan media air yang bekerja sebagai media alternatif pengganti tanah. Hidroponik berasal dari bahasa Yunani, *hydroponic* yang artinya hydro berarti air dan ponous berarti kerja. Banyak jenis hidroponik yang ringkas untuk menangani lahan yang sempit karena dapat disusun secara vertikal, salah satu jenisnya adalah *Nutrient Film Technique* atau NFT^[1].

Sistem hidroponik sendiri juga perlu penyempurnaan agar sistem berjalan dengan optimal. Untuk tanaman hidroponik mempunyai beberapa variabel yang dapat mempengaruhi daya tumbuh maupun tumbuhan yang sedang dibudidayakan. Beberapa variabel tersebut adalah pH, temperatur dan kelembaban. Untuk saat ini pembuatan hidroponik banyak dilakukan menggunakan peralatan manual. Dimana sistem tersebut dengan rutin harus dicek secara manual kondisi pertumbuhan hidroponik meliputi pH larutan nutrisi, suhu dan kelembapan. Contoh ketika pH pada larutan nutrisi terlalu basa maka akan dicampurkan larutan asam secara manual oleh petani.

Penelitian yang berkembang telah sampai pada perancangan sistem pengendalian pH pada air nutrisi dalam hidroponik berbasis mikrokontroler arduino^[2]. Dimana pada penelitian tersebut pengendaliannya terbatas pada pengaktifan

solenoid valve pada saat pH air nutrisi mulai sedikit lebih asam atau basa sehingga respon yang diberikan lebih lambat. Pada tugas akhir ini, penulis melakukan pengembangan dari penelitian yang telah dilakukan dengan menggunakan metode *fuzzy*. Melalui metode ini diharapkan sistem memiliki waktu *steady* yang singkat sehingga hanya memerlukan waktu yang singkat pula untuk menghasilkan respon yang stabil. Selain itu, *miniplant* ini dirancang dengan desain baru yang lebih sederhana sehingga dapat dipublikasikan melalui pameran.

1.2 Permasalahan

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana membangun sebuah rancang bangun Hidroponik *plant* berbasis Arduino Uno dengan menggunakan metode kontrol *fuzzy* ?
2. Bagaimana merancang program Arduino Uno untuk mengukur pH dari nutrisi menggunakan sensor pH digital ?

1.3 Tujuan

Tujuan utama dari rancang bangun alat ini adalah untuk memenuhi mata kuliah tugas akhir sebagai syarat kelulusan dari Program Studi Diploma 3 Metrologi dan Instrumentasi, serta untuk memberikan solusi pada rumusan masalah yaitu merancang *hidroponic plant* berbasis Arduino Uno dengan menggunakan metode kontrol *fuzzy*.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batas ruang lingkup dari penelitian tugas akhir ini yaitu hanya membahas mengenai pengendalian pH pada nutrisi menggunakan Arduino agar pH nutrisi dapat sesuai dengan keluaran yang diinginkan.

1. Tugas akhir ini membahas tentang pengendalian pH nutrisi pada *plant* hidroponik tanaman sawi.
2. Menggunakan Mikrokontroler Arduino sebagai *controller*

3. Nilai pH yang dikehendaki yaitu 5,5 sampai 6,5

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menambah pengetahuan tentang pemanfaatan metode *logic fuzzy* pada sistem pengendalian pH nutrisi di *miniplant greenhouse* hidroponik.
2. Dapat menghasilkan karya ilmiah dalam bentuk hardware sebagai dasar untuk pengembangan teknologi.

1.6 Sistematika Laporan

Penyusunan laporan tugas akhir ini dilakukan secara sistematis dan tersusun dalam lima bab dengan penjelasan sebagai berikut,

BAB I Pendahuluan

Bab ini dijelaskan tentang latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian dan sistematika laporan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini dibahas mengenai teori-teori dasar yang terkait dalam penulisan tugas akhir.

BAB III Perancangan dan Pembuatan Alat

Bab ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah perancangan perancangan dan pembuatan alat.

BAB IV Pengujian dan Analisa Data

Bab ini dilakukan pengujian *Software* dan *hardware* dan analisis serta dibandingkan dengan data sebenarnya.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Bab ini berisi tentang kesimpulan pokok dari seluruh rangkain penelitian yang telah dilakukan dan saran yang dapat dijadikan sebagai pengembangan penelitian selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Hidroponik

Hidroponik, budidaya tanaman tanpa tanah, telah berkembang sejak pertama kali dilakukan penelitian-penelitian yang berhubungan dengan penemuan unsur-unsur hara esensial yang diperlukan bagi pertumbuhan tanaman. Penelitian tentang unsur-unsur penyusun tanaman ini telah dimulai pada tahun 1600-an. Akan tetapi budidaya tanaman tanpa tanah ini telah dipraktekkan lebih awal dari tahun tersebut, terbukti dengan adanya taman gantung (Hanging Gardens) di Babylon, taman terapung (Floating Gardens) dari suku Aztecs, Mexico dan Cina (Resh, 1998).

Istilah hidroponik yang berasal dari bahasa Latin yang berarti *hydro* (air) dan *ponos* (kerja). Istilah hidroponik pertama kali dikemukakan oleh W.F. Gericke dari University of California pada awal tahun 1930-an, yang melakukan percobaan hara tanaman dalam skala komersial yang selanjutnya disebut nutrikultur atau hydroponics. Selanjutnya hidroponik didefinisikan secara ilmiah sebagai suatu cara budidaya tanaman tanpa menggunakan tanah, akan tetapi menggunakan media *inert* seperti *gravel*, pasir, *peat*, vermikulit, *pumice* atau *sawdust*, yang diberikan larutan hara yang mengandung semua elemen esensial yang diperlukan untuk pertumbuhan dan perkembangan normal tanaman (Resh, 1998) ^[3].

Budidaya tanaman secara hidroponik memiliki beberapa keuntungan dibandingkan dengan budidaya secara konvensional, yaitu pertumbuhan tanaman dapat di kontrol, tanaman dapat berproduksi dengan kualitas dan kuantitas yang tinggi, tanaman jarang terserang hama penyakit karena terlindungi, pemberian air irigasi dan larutan hara lebih efisien dan efektif, dapat diusahakan terus menerus tanpa tergantung oleh musim, dan dapat diterapkan pada lahan yang sempit (Harris, 1988) ^[3].

Hidroponik, menurut Savage (1985), berdasarkan sistem irigasinya dikelompokkan menjadi: (1) Sistem terbuka dimana

larutan hara tidak digunakan kembali, misalnya pada hidroponik dengan penggunaan irigasi tetes *drip irrigation* atau *trickle irrigation*, (2) Sistem tertutup, dimana larutan hara dimanfaatkan kembali dengan cara resirkulasi. Sedangkan berdasarkan penggunaan media atau substrat dapat dikelompokkan menjadi (1) *Substrate System* dan (2) *Bare Root System* ^[3].

- a. *Substrate system* atau sistem substrat adalah sistem hidroponik yang menggunakan media tanam untuk membantu pertumbuhan tanaman. Sistem ini meliputi:
 - *Sand Culture* Biasa juga disebut “*Sandponics*” adalah budidaya tanaman dalam media pasir. Tanaman ditanam langsung dipasir tanpa menggunakan wadah, dan secara individual diberi irigasi tetes.
 - *Gravel Culture* adalah budidaya tanaman secara hidroponik menggunakan *gravel* sebagai media pendukung sistem perakaran tanaman. Tanaman ditanam di atas *gravel* mendapatkan hara dari larutan yang diberikan.
 - *Rockwool* adalah nama komersial media tanaman utama yang telah dikembangkan dalam sistem budidaya tanaman tanpa tanah. Bahan ini bersasal dari bahan batu Basalt yang bersifat *Inert* yang dipanaskan sampai mencair, kemudian cairan tersebut di spin (diputar) seperti membuat aromanis sehingga menjadi benang-benang yang kemudian dipadatkan seperti kain ‘*wool*’ yang terbuat dari ‘*rock*’.
 - *Bag Culture* adalah budidaya tanaman tanpa tanah menggunakan kantong plastik (*polybag*) yang diisi dengan media tanam.
- b. *Bare Root system* atau sistem akar telanjang adalah sistem hidroponik yang tidak menggunakan media tanam untuk membantu pertumbuhan tanaman, meskipun *block rockwool* biasanya dipakai diawal pertanaman. Sistem ini meliputi:
 - *Deep Flowing System* adalah sistem hidroponik tanpa media, berupa kolam atau kontainer yang panjang dan dangkal diisi dengan larutan hara dan diberi aerasi.
 - Teknologi Hidroponik Sistem Terapung (THST) adalah hasil modifikasi dari *Deep Flowing System* yang tidak

menggunakan aerator, sehingga teknologi ini relatif lebih efisien dalam penggunaan energi listrik.

- *Aeroponics* adalah sistem hidroponik tanpa media tanam, namun menggunakan kabut larutan hara yang kaya oksigen dan disemprotkan pada zona perakaran tanaman.
- *Nutrient Film Tecnics* (NFT) adalah sistem hidroponik tanpa media tanam. Tanaman ditanam dalam sirkulasi hara tipis pada talang-talang yang memanjang.
- *Mixed System* disebut juga *Ein-Gedi System* adalah teknologi hidroponik yang menggabungkan *aeroponics* dan *deep flow technics*. Bagian atas perakaran tanaman terbenam pada kabut hara yang disemprotkan, sedangkan bagian bawah perakaran terendam dalam larutan hara.

2.2 Sensor pH

pH adalah derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan yang dimiliki oleh suatu larutan. Didefinisikan sebagai logaritma aktivitas ion hidrogen (H^+) yang terlarut. Koefisien aktivitas ion hidrogen tidak dapat diukur secara eksperimental, sehingga nilainya didasarkan pada perhitungan teoritis. Skala pH bukanlah skala absolut. Ini bersifat relatif terhadap sekumpulan larutan standar yang pH-nya ditentukan berdasarkan persetujuan internasional. Apabila $pH < 7$ larutan bersifat asam, $pH > 7$ larutan bersifat basa dan $pH = 7$ larutan bersifat netral. Unit pH diukur pada skala 0 sampai 14 ^[4].

Sebuah pH meter adalah alat listrik yang digunakan untuk mengukur pH (keasaman atau alkalinitas) dari cairan (meskipun *probe* khusus kadang-kadang digunakan untuk mengukur pH zat semi padat). Sebuah pH meter terdiri dari *probe* pengukur khusus (sebuah gelas elektroda) yang terhubung ke meter elektronik yang mengukur dan menampilkan hasil pembacaan pH ^[6].



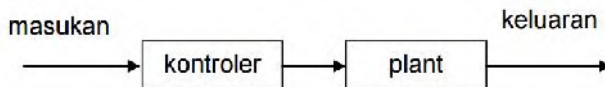
Gambar 2.1 pH Meter Digital^[6].

Sensor pH berfungsi sebagai penentu derajat keasaman atau kebasaan dari suatu bahan. Pengukuran dan pengendalian nilai pH adalah sangat penting untuk berbagai studi dalam bidang kimia dan biologi di laboratorium dan berbagai bidang industri. Metode pengukuran pH dapat dilakukan secara konvensional yaitu dengan menggunakan kertas lakmus dan elektroda gelas, namun hal ini memiliki tingkat akurasi hasil pengukuran yang rendah, mudah pecah dan tidak kompatibel dengan alat ukur/sensor lain. Seiring dengan perkembangan teknologi, saat ini dimungkinkan untuk membuat sebuah sistem alat ukur yang dapat mendeteksi berbagai parameter secara simultan, akurat, dan berukuran kecil^[6].

2.3 Sistem Pengendalian

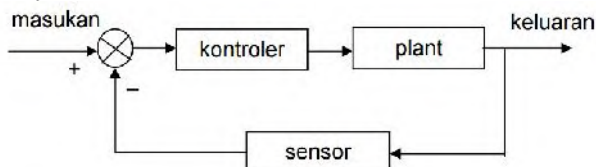
Sistem kontrol (*control system*) merupakan suatu kumpulan cara atau metode yang dipelajari dari kebiasaan-kebiasaan manusia dalam bekerja, dimana manusia membutuhkan suatu pengamatan kualitas dari apa yang telah mereka kerjakan sehingga memiliki karakteristik sesuai dengan yang diharapkan pada mulanya. Perkembangan teknologi menyebabkan manusia selalu terus belajar untuk mengembangkan dan mengoperasikan pekerjaan-pekerjaan kontrol yang semula dilakukan oleh manusia menjadi serba otomatis (dikendalikan oleh mesin)^[7]. Jenis pengendalian ada dua yaitu sistem pengendalian *loop* terbuka dan sistem pengendalian *loop* tertutup.

Suatu sistem pengendalian yang mempunyai karakteristik dimana nilai keluaran tidak memberikan pengaruh pada aksi kontrol disebut Sistem Pengendalian Loop Terbuka (*Open-Loop Control System*)^[7].



Gambar 2.2 Sistem Pengendalian Loop Terbuka

Sistem pengendalian loop tertutup (*Closed-Loop Control System*) adalah identik dengan sistem pengendalian umpan balik, dimana nilai dari keluaran akan ikut mempengaruhi pada aksi pengendalinya^[7].



Gambar 2.3 Sistem Pengendalian Loop Tertutup

2.4 Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input kedalam suatu ruang output. Titik awal dari konsep modern mengenai ketidakpastian adalah paper yang dibuat oleh Lofti A Zadeh (1965), dimana Zadeh memperkenalkan teori yang memiliki obyek-obyek dari himpunan *fuzzy* yang memiliki batasan yang tidak presisi dan keanggotaan dalam himpunan *fuzzy*, dan bukan dalam bentuk logika benar (*true*) atau salah (*false*), tapi dinyatakan dalam derajat (*degree*)^[8]. Konsep seperti ini disebut dengan *Fuzziness* dan teorinya dinamakan *Fuzzy Set Theory*. *Fuzziness* dapat didefinisikan sebagai logika kabur berkenaan dengan semantik dari suatu kejadian, fenomena atau pernyataan itu sendiri. Seringkali ditemui dalam pernyataan yang dibuat oleh seseorang, evaluasi dan suatu pengambilan keputusan

Secara umum, sistem *fuzzy* sangat cocok untuk penalaran pendekatan terutama untuk sistem yang menangani masalah-masalah yang sulit didefinisikan dengan menggunakan model matematis. Misalkan, nilai masukan dan parameter sebuah sistem bersifat kurang akurat atau kurang jelas, sehingga sulit mendefinisikan model matematikanya ^[9].

Sistem *fuzzy* mempunyai beberapa keuntungan bila dibandingkan dengan sistem tradisional, misalkan pada jumlah aturan yang dipergunakan. Pemrosesan awal sejumlah besar nilai menjadi sebuah nilai derajat keanggotaan pada sistem *fuzzy* mengurangi jumlah nilai menjadi sebuah nilai derajat keanggotaan pada sistem *fuzzy* mengurangi jumlah nilai yang harus dipergunakan pengontrol untuk membuat suatu keputusan. Keuntungan lainnya adalah sistem *fuzzy* mempunyai kemampuan penalaran yang mirip dengan kemampuan penalaran manusia. Hal ini disebabkan karena sistem *fuzzy* mempunyai kemampuan untuk memberikan respon berdasarkan informasi yang bersifat kualitatif, tidak akurat, dan ambigu .

Ada beberapa metode untuk merepresentasikan hasil logika *fuzzy* yaitu metode Tsukamoto, Sugeno dan Mamdani. Pada metode Tsukamoto, setiap konsekuen direpresentasikan dengan himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan monoton. Output hasil inferensi masing-masing aturan adalah z , berupa himpunan biasa yang ditetapkan berdasarkan predikatnya. Hasil akhir diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobotnya (Sri Kusumadewi, 2002:108) ^[9].

2.5 Nutrisi Tanaman

Menurut Raffar (1993), sistem hidroponik merupakan cara produksi tanaman yang sangat efektif. Sistem ini dikembangkan berdasarkan alasan bahwa jika tanaman diberi kondisi pertumbuhan yang optimal, maka potensi maksimum untuk berproduksi dapat tercapai. Hal ini berhubungan dengan pertumbuhan sistem perakaran tanaman, di mana pertumbuhan perakaran tanaman yang optimum akan menghasilkan pertumbuhan tunas atau bagian atas yang sangat tinggi. Pada

sistem hidroponik, larutan nutrisi yang diberikan mengandung komposisi garamgaram organik yang berimbang untuk menumbuhkan perakaran dengan kondisi lingkungan perakaran yang ideal.

Tanaman membutuhkan 16 unsur hara/nutrisi untuk pertumbuhan yang berasal dari udara, air dan pupuk. Unsur-unsur tersebut adalah karbon (C), hidrogen (H), oksigen (O), nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), sulfur (S), kalsium (Ca), besi (Fe), magnesium (Mg), boron (B), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), molibdenum (Mo) dan khlorin (Cl). Unsurunsur C, H dan O biasanya disuplai dari udara dan air dalam jumlah yang cukup. Unsur hara lainnya didapatkan melalui pemupukan atau larutan nutrisi .

Konsentrasi yang tinggi dalam larutan dapat menyebabkan serapan yang berlebihan, yang dapat mengakibatkan ketidakseimbangan hara. Beberapa faktor penting dalam menentukan formula nutrisi hidroponik (Hochmuth dan Hochmuth 2003) adalah :

- garam yang mudah larut dalam air
- kandungan sodium, khlorida, amonium dan nitrogen organik, atau unsur-unsur yang tidak dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman harus diminimalkan
- komposisi digunakan bahan yang bersifat tidak antagonis satu dengan yang lainnya
- dipilih yang ekonomis .

pH juga merupakan faktor yang penting untuk dikontrol. Formula nutrisi yang berbeda mempunyai pH yang berbeda, karena garam-garam pupuk mempunyai tingkat kemasaman yang berbeda jika dilarutkan dalam air. Garam - garam seperti monokalium fosfat, tingkat kemasamannya lebih rendah daripada kalsium nitrat (Bugbee 2003).

Untuk mendapatkan hasil yang baik, pH larutan yang direkomendasikan untuk tanaman sayuran pada kultur hidroponik adalah antara 5,5 sampai 6,5 (Marvel 1974). Ketersediaan Mn, Cu, Zn, dan Fe berkurang pada pH yang lebih tinggi, dan sedikit ada penurunan untuk ketersediaan P, K , Ca dan Mg pada pH

yang lebih rendah. Penurunan ketersediaan nutrisi berarti penurunan serapan nutrisi oleh tanaman ^[10]. Tabel 2.1 menyajikan kebutuhan EC dan pH bagi beberapa tanaman sayuran.

Tabel 2.1 Kebutuhan EC dan pH larutan nutrisi bagi beberapa tanaman^[10].

Nama Sayuran	pH	Nama Sayuran	pH
Lobak	6.0 – 7.0	Kailan	5.5 – 6.5
Selada	6.0 – 7.0	Bayam	6.0 – 7.0
Cauli Flower	6.5 – 7.0	Bawang Putih	6.0
Pak Choi	7	Seledri	6.5
Ketimun	5.5	Cabe	6.0 – 6.5
Eggplant	6	Wortel	6.3
Tomat	6.0 – 6.5	Marjoram	6
Sawi Putih	6.0 – 6.5	Peterseli	5.5 – 6.0
Strawbery	6	Peas	6.0 – 7.0
Kangkung	5.5 – 6.5	Jagung Manis	6
Sawi	5.5 – 6.5	Kentang	5.0 – 6.0

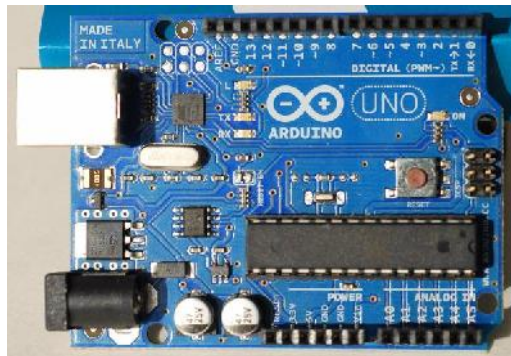
2.6 Mikrokontroler ATmega 328 (Arduino UNO)

Arduino UNO adalah sebuah *board* mikrokontroler yang didasarkan pada ATmega328 (*datasheet*). Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output PWM), 6 input analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah *power jack*, sebuah ICSP *header*, dan sebuah tombol reset. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, mudah menghubungkannya ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya.

Arduino Uno berbeda dari semua *board* Arduino sebelumnya, Arduino UNO tidak menggunakan *chip driver* FTDI USB-to-serial. Sebaliknya, fitur-fitur Atmega16U2 (Atmega8U2 sampai ke versi R2) diprogram sebagai sebuah pengubah USB ke serial. Revisi 2 dari *board* Arduino Uno mempunyai sebuah resistor yang menarik garis 8U2 HWB ke *ground*, yang

membuatnya lebih mudah untuk diletakkan ke dalam DFU mode^[11]. Revisi 3 dari *board* Arduino UNO memiliki fitur-fitur baru sebagai berikut:

1. Pinout 1.0: ditambah pin SDA dan SCL yang dekat dengan pin AREF dan dua pin baru lainnya yang diletakkan dekat dengan pin RESET, IOREF yang memungkinkan *shield-shield* untuk menyesuaikan tegangan yang disediakan dari *board*. Untuk ke depannya, *shield* akan dijadikan kompatibel/cocok dengan *board* yang menggunakan AVR yang beroperasi dengan tegangan 5V dan dengan Arduino Due yang beroperasi dengan tegangan 3.3V. Yang ke-dua ini merupakan sebuah pin yang tak terhubung, yang disediakan untuk tujuan kedepannya
2. Sirkit RESET yang lebih kuat
3. Atmega 16U2 menggantikan 8U2



Gambar 2.6 Arduino UNO R3^[11]

Tabel 2.2 Datasheet Arduino UNO R3^[11]

Mikrokontroler	ATmega328
Tegangan pengoperasian	5V
Tegangan input yang disarankan	7-12V

Batas tegangan input	6-20V
Jumlah pin I/O digital	14 (6 di antaranya menyediakan keluaran PWM)
Jumlah pin input analog	6
Arus DC tiap pin I/O	40 mA
Arus DC untuk pin 3.3V	50 mA
Memori Flash	32 KB (ATmega328), sekitar 0.5 KB digunakan oleh <i>bootloader</i>
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
<i>Clock Speed</i>	16 MHz

Setiap 14 pin digital pada Arduino Uno dapat digunakan sebagai input dan output, menggunakan fungsi *pinMode()*, *digitalWrite()*, dan *digitalRead()*. Fungsi-fungsi tersebut beroperasi di tegangan 5 Volt. Setiap pin dapat memberikan atau menerima suatu arus maksimum 40 mA dan mempunyai sebuah resistor *pull-up* (terputus secara default) 20-50 kOhm. Selain itu, beberapa pin mempunyai fungsi-fungsi spesial:

- Serial: 0 (RX) dan 1 (TX). Digunakan untuk menerima (RX) dan memancarkan (TX) serial data TTL (*Transistor-Transistor Logic*). Kedua pin ini dihubungkan ke pin-pin yang sesuai dari *chip* Serial Atmega8U2 USB-ke-TTL.
- External Interrupts: 2 dan 3. Pin-pin ini dapat dikonfigurasi untuk dipicu sebuah *interrupt* (gangguan) pada sebuah nilai rendah, suatu kenaikan atau penurunan yang besar, atau suatu perubahan nilai. Lihat fungsi *attachInterrupt()* untuk lebih jelasnya.
- PWM: 3, 5, 6, 9, 10, dan 11. Memberikan 8-bit PWM output dengan fungsi *analogWrite()*.

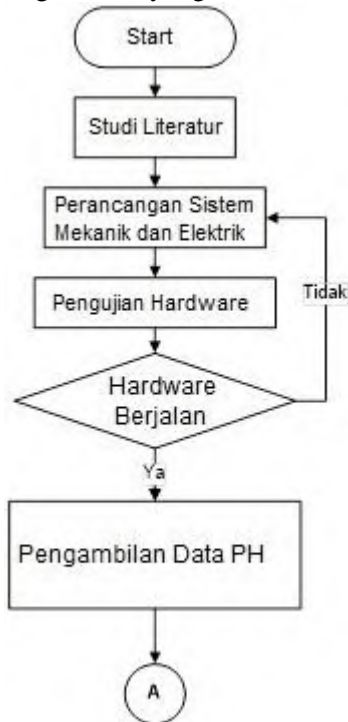
- SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK). Pin-pin ini mensupport komunikasi SPI menggunakan *SPI library*.
- LED: 13. Ada sebuah LED yang terpasang, terhubung ke pin digital 13. Ketika pin bernilai HIGH LED menyala, ketika pin bernilai *LOW LED* mati ^[11].

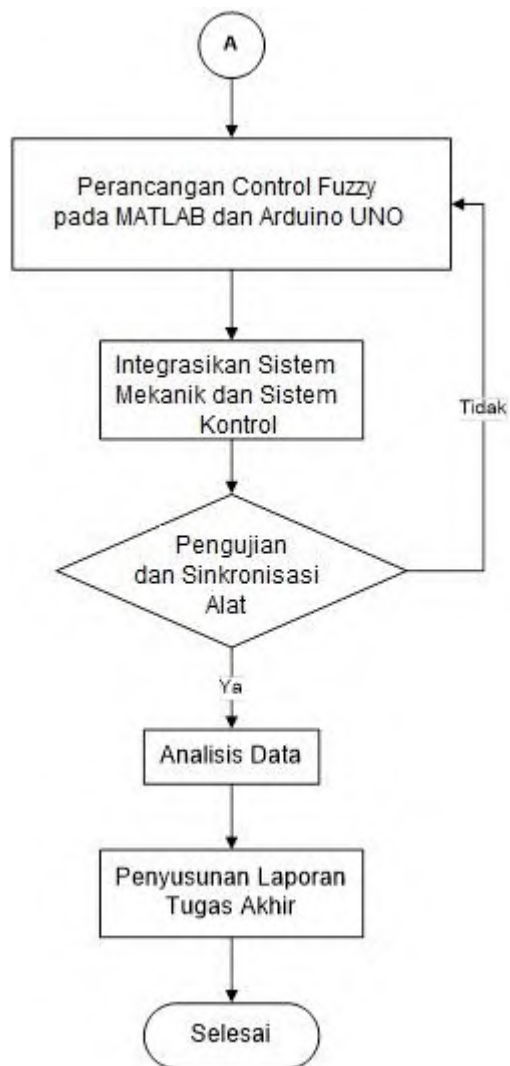
Halaman ini sengaja dikosongkan.

BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

3.1 Gambaran umum

Bab ini berisi tentang penjelasan mengenai tahap-tahap penelitian yang dilakukan. Tahap-tahap itu dilakukan untuk menjelaskan alat yang dibuat secara ilmiah, melalui pengujian, perhitungan dan validasi. Tahap-tahap itu diawali dengan perancangan *hardware* sistem mekanik dan elektrik, pengambilan data , perancangan sistem *fuzzy*, mengintegrasikan sistem mekanik dan sistem *control* dan pengambilan data. Berikut adalah flowchart pengerjaan tugas akhir yang dilakukan :

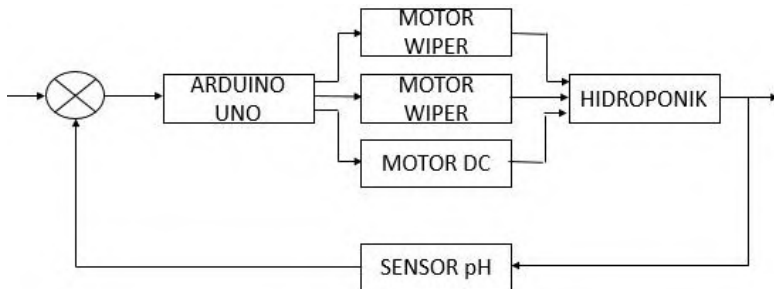




Gambar 3.1 Flowchart Metodologi

3.2 Diagram Blok Sistem Pengendalian pH

Dalam setiap perancangan sistem pengendalian diperlukan sebuah sistem yang dapat menjelaskan prinsip kerja dari alat yang akan dibuat. Oleh karena itu, diperlukan yang namanya diagram blok sistem pengendalian seperti yang ada dibawah ini:



Gambar 3.2 Diagram Blok Sistem *Control* pH

Secara umum, sistem pengendalian pH dapat dilihat pada blok diagram diatas. Tujuannya adalah mengendalikan pH nutrisi agar tetap sesuai *setpoint* yaitu 5,5 – 6,5 sehingga tanaman mampu menyerap nutrisi dengan baik. Pada pengendalian metode *Fuzzy Sugeno* dimana pada pengendalian ini output yang dikeluarkan berupa *range* volt yang akan masuk pada aktuator sehingga dalam mencapai *stedy state* lebih cepat. Pada bagian ini akan menjelaskan seluruh sistem beserta kerja masing-masing blok diatas.

Sensor / *transmitter* merupakan piranti elektrik pertama yang akan merasakan besaran fisis yang masuk. Pada final project kali ini menggunakan *probe* pH yang digunakan sebagai sensor. Sinyal listrik yang dihasilkan oleh *probe* pH nantinya akan dikirim ke Arduino Uno.

Motor *wiper* dan motor DC merupakan sebuah aktuator dari sistem pengendalian ini, dimana terdapat 2 motor *wiper*, motor *wiper* satu bertugas menginjeksikan larutan pH *up* bila posisi pH berada di bawah *setpoint*. Sedangkan motor *wiper* dua bertugas menginjeksikan larutan pH *down* bila posisi pH berada di atas *setpoint*. Sulitnya zat larutan terlarut dalam *tank receiver*

sehingga diperlukan sistem *mixing* untuk membantu, oleh karena itu setiap motor *wiper* menyala motor DC akan ikut menyala untuk melakukan *mixing*.

Arduino Uno adalah pengendali/otak yang akan memberikan perintah terhadap seluruh komponen elektrik yang dapat menerima atau memberikan tegangan standar 5 volt. Selain itu juga pusat seluruh kendali proses dilakukan didalam mikrokontroler ini. Data keluaran dari arduino memanfaatkan data PWM yang menghasilkan tegangan 0-5 volt. Keluaran ini selanjutnya ditransfer pada rangkaian motor *driver* dengan menggunakan IRF 540 dan *Optocoupler* PC817 dimana di dalam rangkaian motor *driver* tersebut merupakan penguat dari 0-5 volt yang keluar dari Arduino diubah menjadi 0-12 volt yang dibutuhkan pompa *wiper*.

Seluruh rangkaian elektrik penyusun *control* pH adalah sebagai berikut: 1 buah sensor pH, adaptor sebagai catu daya yang dapat memberikan tegangan sebesar 12 volt DC, *driver* motor + *relay* serta Arduino Uno R3.

3.3 Studi Literatur

Studi literatur berupa pemahaman secara teoritis mengenai budidaya tanaman hidroponik mulai dari aspek teknologi hidroponik yang digunakan pada tugas akhir ini, unsur hara yang dibutuhkan tanaman, sampai tahap pemilihan alat yang digunakan dalam sistem control. Selain dalam sebuah control pH, perlunya memahami karakteristik dari sensor, *controller*, dan aktuator yang digunakan pada tugas akhir ini berdasarkan jurnal-jurnal penelitian yang sudah pernah dilakukan, serta didapatkan juga *datasheet* sensor, prosesor, dan aktuator serta percobaan yang dilakukan. Pemahaman tentang pengendalian pH pada larutan nutrisi hidroponik meliputi parameter yang berpengaruh terhadap perubahan nilai pH pada larutan nutrisi hidroponik. Kemudian pemahaman tentang strategi kendali untuk pengendalian PH, dengan menerapkan pada metode logika *fuzzy*.

3.4 Perancangan Sistem Mekanik

Pada perancangan sistem mekanik *plant greenhouse* dibuat sistem hidroponik jenis NFT. Dimana air nutrisi disimpan pada *tank receiver* kemudian dialirkan menuju pipa hingga kembali pada *tank receiver*. Sistem mekanik pada *control pH* menggunakan motor *wiper* yang nantinya akan menginjeksikan larutan *pH up* dan *pH down* ke dalam *tank receiver*. Larutan *pH up* dan *pH down* disimpan ke dalam tabung motor *wiper* yang diletakkan sedekat mungkin dengan *tank receiver*.



Gambar 3.3 Desain *Miniplant Greenhouse* Hidroponik



Gambar 3.4 Greenhouse Hidroponik

3.5 Perancangan Sistem Elektrik

Pada tugas akhir ini menggunakan beberapa komponen elektrik yaitu, *power supply*, sensor pH, Arduino Uno dan *driver* motor masing masing komponen tersebut di integrasikan ke dalam LCU (*Local Control Unit*)

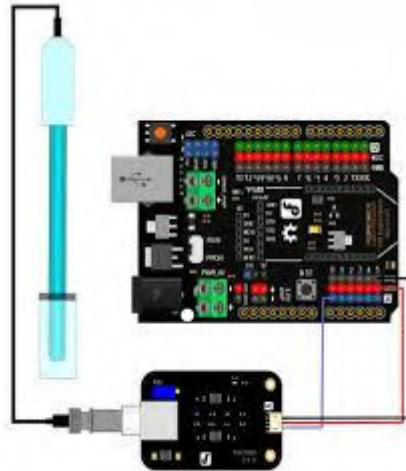
A. Perancangan *Power Supply*

Sebelum melakukan perancangan *power supply* harus mengetahui apa saja komponen elektrik yang digunakan dan beberapa besar daya yang dibutuhkan. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan tugas akhir ini menggunakan *supply* 12 V 5 A. *Power supply* tersebut yang ada pada *supply* dialirkan ke 2 motor *wiper* 12 V, motor DC 12 V dan *supply* Arduino Uno sebagai *controller*.

B. Perancangan Sensor pH

Sensor *probe* pH bekerja dengan cara sensor akan melakukan *sensing* pada saat perubahan pH. Setiap kenaikan *temperature*, sensor akan mengirimkan sinyal analog ke Arduino Uno. Sensor pH terdiri dari *probe* dan modul pH meter V1.0. Terdapat 3 pin keluaran sensor pH

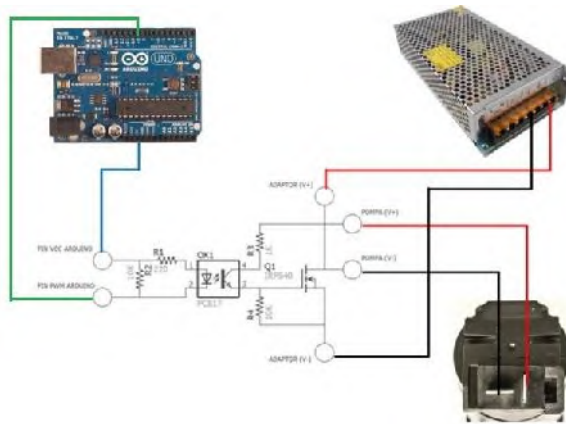
yaitu *vcc*, *ground*, dan masukan analog, yang akan dihubungkan dengan pin 5V, GND, dan A1 Arduino. Untuk memperjelas rangkaian sensor PH dapat dilihat gambar di bawah ini.



Gambar 3.5 Sensor pH^[6]

C. Perancangan Rangkaian *Driver* Motor

Rangkaian *driver* motor berfungsi untuk mengatur kecepatan dari motor *wiper* dari output PWM 0-5 v dari arduino dikuatkan hingga menjadi 0-12 v yang masuk pada motor *wiper*. Motor *wiper* yang digunakan terdiri dari 2 pin yaitu tegangan positif (+) dan tegangan negatif (-). Kedua pin pompa akan dihubungkan dengan pin *power supply* yang akan menjadi masukan dari rangkaian *driver* motor. Selanjutnya, keluaran dari rangkaian *driver* motor akan dihubungkan ke pin D6 yaitu pulsa PWM dan pin 5V yaitu Vcc dengan tegangan 5 volt. Untuk lebih jelasnya, rangkaian *wiring* pompa ditunjukkan oleh di bawah ini.



Gambar 3.6 Rangkaian *Driver Motor*

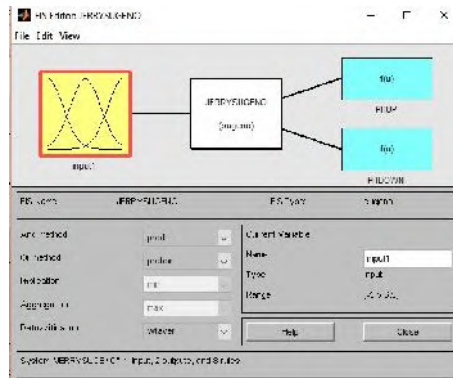
D. Perancangan Modul *Relay*

Pada sistem pengendalian pH pada hidroponik ini membutuhkan rangkaian modul *relay* yang berfungsi untuk menggerakkan atau mengaktifkan motor DC 12 V. Output dari arduino hanya bernilai 0-5 V tidak dapat langsung masuk ke motor DC 12 V sehingga membutuhkan rangkaian *driver relay*. Cara kerja rangkaian modul *relay* ini yaitu rangkaian modul *relay* diberi input 5 V dan input dari arduino. Jika tegangan yang masuk ke rangkaian modul *relay* 5 V dari *supply* dan arduino tidak memberikan tegangan, maka tegangan 5 V akan masuk ke dalam *relay* maka tegangan yang ada di kaki Com akan diteruskan ke motor DC 12 V.

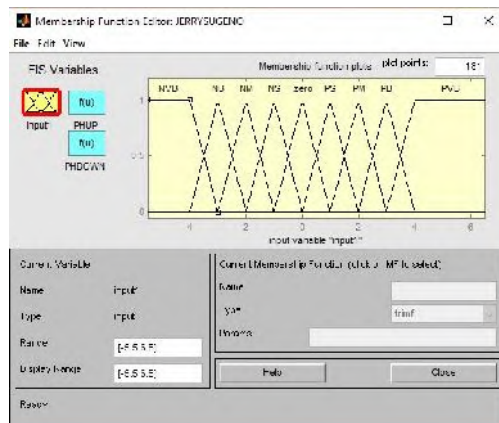
3.6 Perancangan *Software*

Perancangan ini berupa pembuatan *fuzzy inference system* (FIS) pada *software* Matlab yang akan diintergrasikan ke arduino IDE. Sebelum perancangan *software* pada matlab diperlukan suatu percobaan untuk menentukan input dan output dari sistem fuzzy yang digunakan. Fuzzy yang digunakan pada sistem ini adalah sugeno sedangkan input yang digunakan yaitu error dan output yang digunakan adalah pwm 0-255 sehingga menghasilkan

keluaran 0-5 volt pada arduino. Sinyal 0-5 volt yang dikeluarkan pada arduino kemudian dikuatkan dengan motor driver sehingga volt yang masuk pada motor wiper 0-12 V. Sehingga diperlukan data driver motor dan motor wiper untuk membuat sistem ini. Data tersebut dapat dilihat pada lampiran.

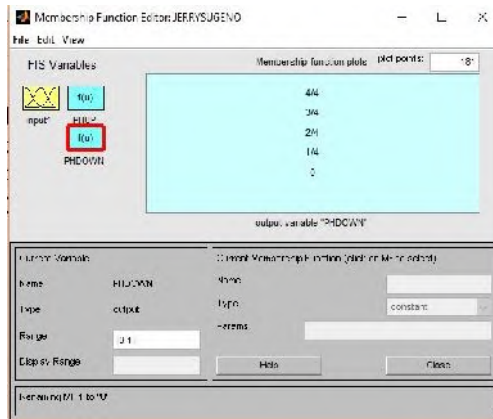


Gambar 3.7 FIS Pada Sistem Pengendalian EC



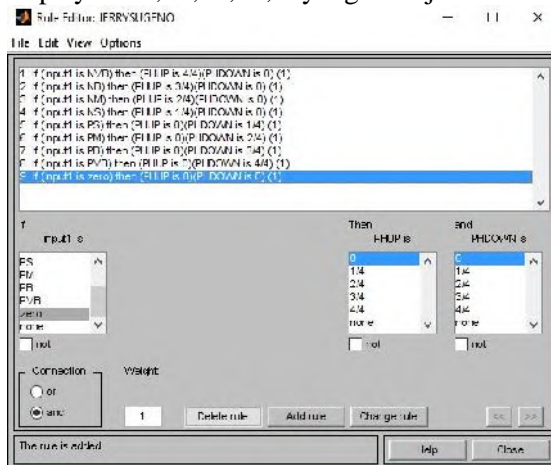
Gambar 3.8 Fungsi Keanggotaan *Error* EC

Terdapat tujuh fungsi keanggotaan pada masing-masing masukan yaitu PVB, PB, PM, PS, Zero, NS, NM, NB dan NVB yang ditunjukkan Gambar 3.8.



Gambar 3.9 Fungsi Keanggotaan Bukan Pompa

Sedangkan fungsi keanggotaan keluaran terdiri dari 5 untuk bukaan pompa yaitu 0, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, 1 yang ditunjukkan Gambar 3.9.



Gambar 3.10 Aturan Logika *Fuzzy*

Selanjutnya bentuk FIS yang ada pada Matlab akan diintegrasikan pada arduino secara manual sehingga didapat *serial code* seperti pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11 *Serial Code Arduino*

Halaman ini sengaja dikosongkan.

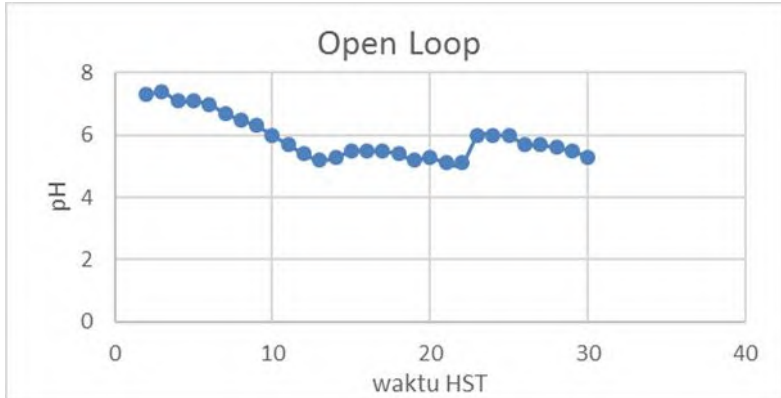
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

4.1 Pengujian

Pada penelitian, pengujian alat sangat diperlukan karena dengan pengujian kita dapat mengetahui alat tersebut dapat digunakan dengan baik atau tidak. Dalam tugas akhir ini terdapat berbagai 5 jenis pengujian, yaitu :

4.1.1 Uji sistem *Open Loop*

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pentingnya pengendalian pH pada larutan nutrisi hidroponik. Hasil pengujian pH pada larutan nutrisi hidroponik dapat dilihat pada Gambar 4.1. Pengujian ini dilakukan mulai 2 Hari setelah Tanam (HST) hingga 30 Hari setelah Tanam (HST), dengan kata lain selama satu bulan. Larutan nutrisi diganti dan diisi ulang tiap satu minggu sekali ketika tidak sesuai *set point*.



Gambar 4.1 Grafik Perubahan pH Terhadap Usia Tanaman

Penentuan *set point* pH pada tanaman hidroponik sebesar 5.5-6.5. Pada hari ke 2 HST awal pengukuran berada di nilai 7.2. Pada Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa nilai pH cenderung menurun sehingga pada hari ke 14 atau 2 minggu HST berada pada pH 5.3 maka perlu penambahan larutan pH *up* hingga

mencapai *set point* kembali. Hari ke 15 HST, pH berada di nilai 5.5 dan pada hari ke 21 HST, nilai pH turun menjadi 5.1 sehingga perlu penambahan pH *up* menjadi 6.0. Hingga hari ke 30 HST pH berada pada nilai 5.3. Dari Gambar 4.1 dapat disimpulkan bahwa tanaman hidroponik cenderung menurun sehingga diperlukan adanya pengendalian pH pada larutan nutrisi hidroponik untuk menjaga target pH sesuai *set point*.

4.1.2 Uji Sensor pH

Uji sensor dilakukan agar dapat mengetahui bahwa sensor tersebut dapat digunakan dengan baik atau tidak. Pada uji sensor pH dilakukan pada pH *buffer* 4, 7, dan 10. Pengujian dilakukan dengan rentang waktu 2 menit dan *delay* pembacaan dibuat setiap 5 detik. Data yang diambil adalah perbandingan nilai pH *buffer* dan pembacaan sensor pH analog. Berikut hasil pengujian sensor menggunakan larutan *buffer* yang ditunjukkan Tabel 4.1 dengan buffer 7, Tabel 4.2 dengan buffer 4, dan Tabel 4.3 dengan buffer 10.

Tabel 4.1 Data Uji Sensor pH dengan *Buffer* 7

No	Waktu	pH <i>Buffer</i>	Pembacaan pH
1	0:05	7	6,8
2	0:10	7	6,8
3	0:15	7	6,8
4	0:20	7	6,7
5	0:25	7	6,8
6	0:30	7	6,9
7	0:35	7	6,9
8	0:40	7	6,8
9	0:45	7	6,9
10	0:50	7	7,0
11	0:55	7	7,0

Lanjutan Tabel 4.1 Data Uji Sensor pH dengan *Buffer* 7

No	Waktu	pH <i>Buffer</i>	Pembacaan pH
12	1:00	7	7,0
13	1:05	7	7,0
14	1:10	7	7,0
15	1:15	7	7,0
16	1:20	7	6,9
17	1:25	7	6,8
18	1:30	7	6,9
19	1:35	7	6,9
20	1:40	7	6,9
21	1:45	7	7,0
22	1:50	7	7,0
23	1:55	7	7,0
24	2:00	7	7,0

Tabel 4.2 Data Uji Sensor pH dengan *Buffer* 4

No	Waktu	pH <i>Buffer</i>	Pembacaan pH
1	0:05	4	4,2
2	0:10	4	4,1
3	0:15	4	4,0
4	0:20	4	4,0
5	0:25	4	4,0
6	0:30	4	4,2
7	0:35	4	4,3
8	0:40	4	4,2
9	0:45	4	4,1
10	0:50	4	4,0
11	0:55	4	4,0

Lanjutan Tabel 4.2 Data Uji Sensor pH dengan *Buffer* 4

No	Waktu	pH <i>Buffer</i>	Pembacaan pH
12	1:00	4	4,0
13	1:05	4	4,2
14	1:10	4	4,1
15	1:15	4	4,2
16	1:20	4	4,3
17	1:25	4	4,1
18	1:30	4	4,1
19	1:35	4	4,2
20	1:40	4	4,1
21	1:45	4	4,0
22	1:50	4	4,0
23	1:55	4	4,0
24	2:00	4	4,0

Tabel 4.3 Data Uji Sensor pH dengan *Buffer* 10

No	Waktu	pH <i>Buffer</i>	Pembacaan pH
1	0:05	10	9,8
2	0:10	10	9,8
3	0:15	10	9,8
4	0:20	10	10,0
5	0:25	10	10,0
6	0:30	10	10,0
7	0:35	10	9,9
8	0:40	10	9,9
9	0:45	10	10,0
10	0:50	10	10,0

Lanjutan Tabel 4.3 Data Uji Sensor pH dengan *Buffer* 10

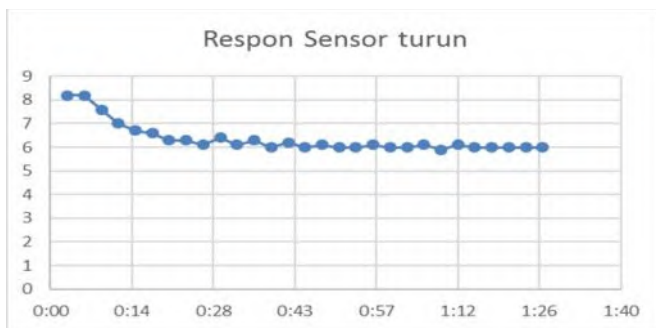
No	Waktu	pH <i>Buffer</i>	Pembacaan pH
11	0:55	10	10,0
12	1:00	10	10,0
13	1:05	10	9,9
14	1:10	10	9,9
15	1:15	10	9,8
16	1:20	10	9,9
17	1:25	10	10,0
18	1:30	10	10,0
19	1:35	10	10,0
20	1:40	10	9,9
21	1:45	10	9,8
22	1:50	10	9,9
23	1:55	10	9,9
24	2:00	10	9,9

Berdasarkan data pada Tabel 4.1, Tabel 4.2, dan Tabel 4.3. Uji sensor yang dilakukan pada larutan *buffer* pH 7 memiliki koreksi pembacaan sebesar + 0.1 sedangkan untuk pengukuran sensor yang digunakan dengan pH *buffer* 4 didapat nilai koreksi pembacaan sensor sebesar -0.1. Dan untuk pengukuran sensor yang digunakan dengan pH *buffer* 10 didapat nilai koreksi pembacaan untuk sensor sebesar 0,09. Berdasarkan koreksi tersebut sehingga didapat standart deviasi (σ) = 0.11. Dapat ditarik kesimpulan bahwa sensor pH yang diukur dapat digunakan dengan baik.

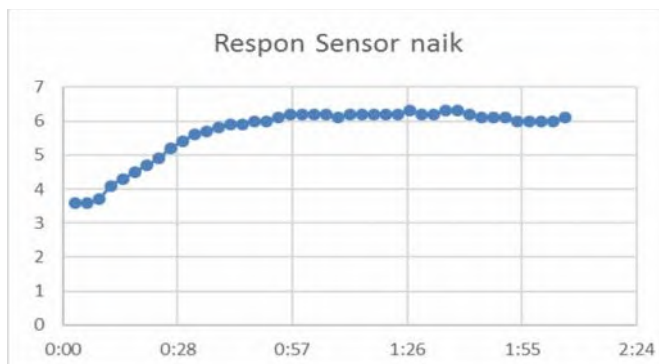
4.1.3 Uji Respon Sensor

Pada uji respon sensor pH dilakukan untuk mengetahui waktu respon yang dibutuhkan sensor untuk mencapai titik *steady* yang telah ditentukan. Pada uji respon ini ada 2 macam yaitu uji

respon sensor naik dan uji sensor turun untuk mencapai *set point* dari sistem yang digunakan adalah pada pH 6,0. Pada pengujian sensor naik pH diukur pada posisi awal 3.6 kemudian mengukur pH 6.0 untuk menguji respon sensor naik. Pada pengujian sensor turun pH diukur pada posisi awal 8.2 kemudian mengukur pH 6.0 untuk menguji respon sensor turun Data yang diambil adalah pembacaan pH dengan respon waktu hingga tercapainya *set point*. Berikut adalah data pembacaan respon sensor saat kembali ke nilai pH *set point* dengan gangguan nilai diatas dan dibawahnya.



Gambar 4.2 Grafik Pembacaan Respon Sensor Turun



Gambar 4.3 Grafik Pembacaan Respon Sensor Naik

Pada Gambar 4.2 pengujian sensor turun di dapatkan waktu *steady* 1 menit 26 detik dan pada Gambar 4.3 pengujian

sensor naik didapatkan waktu *steady* 1 menit 80 detik. Waktu *steady* tersebut dapat dijadikan waktu *delay* dalam sistem *control* yang akan digunakan.

4.1.4 Pengambilan Data pH Perlubang Netpot

Jenis hidroponik yang digunakan pada sistem ini adalah jenis NFT, dimana air nutrisi disalurkan melewati kedalam PVC. Setiap PVC terdapat lubang netpot sebagai tempat tanaman. Panjangnya PVC yang digunakan memungkinkan perbedaan pH dari setiap lubang netpot yang digunakan. Pengambilan data bertujuan untuk mengetahui besar pH perlubang netpot dalam sistem hidroponik yang dibuat. Data tersebut dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data pH perlubang Netpot

NO	pH Tank Recevoir	pH perlubang		
		P1	P2	P3
1	6,4	6,4	6,4	6,4
2		6,4	6,4	6,4
3		6,4	6,4	6,4
4		6,4	6,5	6,4
5		6,4	6,4	6,4
6		6,4	6,4	6,4
7		6,4	6,4	6,4
8		6,4	6,4	6,4
9		6,4	6,4	6,4
10		6,4	6,4	6,4
11		6,4	6,4	6,4
12		6,4	6,4	6,4
13		6,4	6,4	6,4
14		6,4	6,4	6,4
15		6,4	6,4	6,4
16		6,4	6,4	6,4
17		6,4	6,4	6,4

Lanjutan Tabel 4.4 Data pH perlubang Netpot

18		6,4	6,4	6,4
19		6,4	6,4	6,5
20		6,5	6,4	6,5
21		6,4	6,4	6,4
22		6,4	6,4	6,4
23		6,4	6,4	6,4
24		6,4	6,4	6,4
25		6,4	6,4	6,4

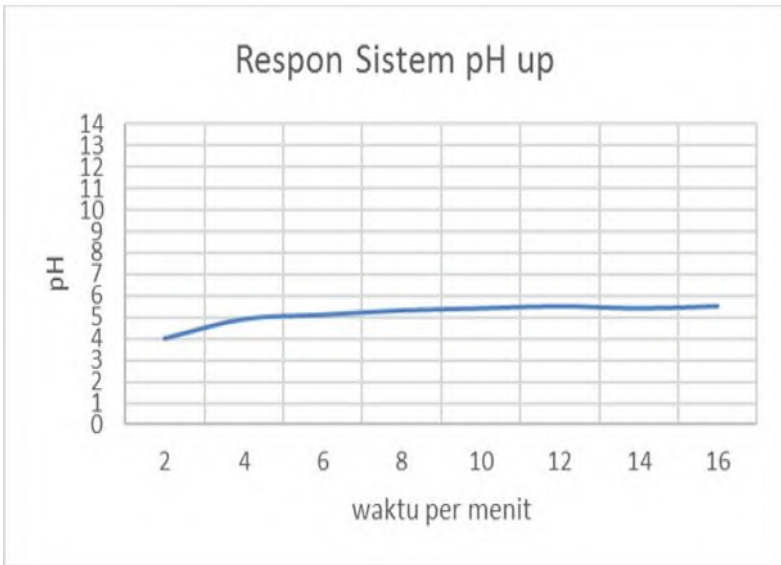
Pada tabel 4.4 merupakan hasil pengambilan data pH yang didapatkan. Pada tank receiveoir memiliki pH 6,4 sedangkan setiap lubang netpot diambil data sebanyak tiga kali yaitu pada P1, P2 dan P3. Lubang pada sistem hidroponik ini sejumlah 25 lubang yang dimulai dari atas hingga ke bawah. Dari hasil data tersebut dapat disimpulkan bahwa pH yang terdapat pada masing masing lubang tidak jauh berbeda pada tank receiveoir.

4.1.5 Uji Respon Control

Uji respon yang dilakukan menggunakan yaitu ada dua yaitu, menaikkan pH dan menurunkan pH. Dimana kondisi larutan pH sudah di atur pada nilai pH 4 dan 10. Adapun hasil uji *control up* dan *control down* adalah sebagai berikut :

A. Uji Respon Control pH up

Hasil pengujian *control* dengan pH awal 4 dapat dilihat pada Gambar 4.3, dengan *set point* 5.5-6.5 selama 16 menit. Selanjutnya motor *wiper* akan aktif sesuai aturan *fuzzy* yang telah dijelaskan pada bab 3 laporan ini.

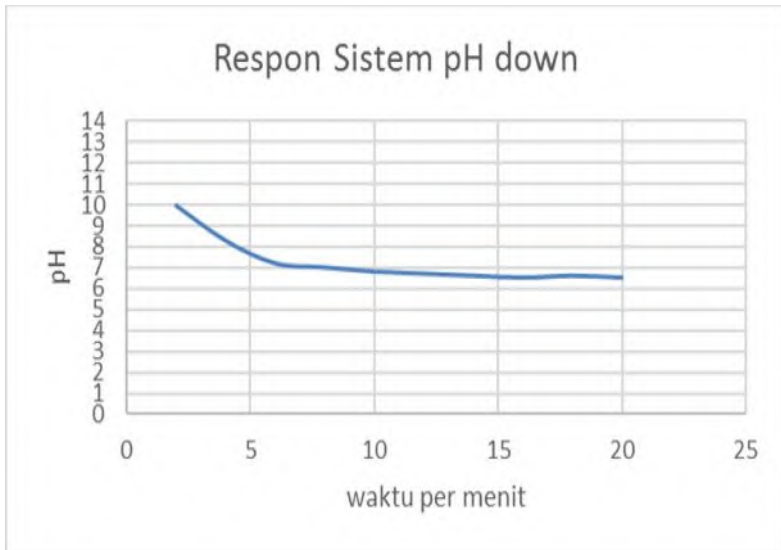


Gambar 4.4 Grafik Uji Respon *Control pH Up*

Berdasarkan hasil pengujian, maka dapat dilihat bahwa respon pH bergerak mencapai *set point* pH. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang telah dirancang memiliki performansi yang baik, namun memerlukan waktu yang lama dikarenakan *delay* yang diberikan pada aktuator yang lebar. dimana indeks performansi *closed loop* dengan pH awal adalah sebagai berikut *settling time* (t_s) = 16 menit, *error steady state* (e_{ss}) = 0.1 pH.

B. Uji Respon *Control pH down*

Hasil pengujian *control* dengan pH awal 10 dapat dilihat pada Gambar 4.4, dengan *set point* 5.5-6.5 selama 18 menit. Selanjutnya pompa aktif sesuai aturan *fuzzy* yang telah dijelaskan pada bab 3 laporan ini.



Gambar 4.5 Grafik Uji Respon *Control* pH Down

Berdasarkan hasil pengujian, maka dapat dilihat bahwa respon pH bergerak mencapai *set point* pH. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang telah dirancang memiliki performansi yang baik, namun memerlukan waktu yang lama dikarenakan *delay* yang diberikan pada aktuator yang lebar. dimana indeks performansi *control* pH up adalah sebagai berikut *settling time* (t_s) = 18 menit, *error steady state* (e_{ss}) = 0.1 pH.

4.1.6 Perbandingan Data Sebelum Dan Sesudah Dikontrol

Perbandingan data tersebut dilakukan dengan jangka waktu 24 jam baik sesudah dan sebelum di kontrol. Dari perbandingan tersebut kita dapat menyimpulkan keberhasilan sistem *control* yang dibuat. Adapun data pH seblum dan sesudah dikontrol adalah sebagai berikut :

Tabel 4.5 Data pH Perbandingan sebelum dan sesudah dikontrol

NO	pH sebelum dikontrol		pH sesudah dikontrol	
	pH	WAKTU	pH	WAKTU
1	7.2	16.00	6.5	16.00
2	7.1	17.00	6.4	17.00
3	7.0	18.00	6.5	18.00
4	7.1	19.00	6.3	19.00
5	7.0	20.00	6.2	20.00
6	7.0	21.00	6.2	21.00
7	7.1	22.00	6.2	22.00
8	7.1	23.00	6.1	23.00
9	6.9	00.00	6.3	00.00
10	7.0	01.00	6.2	01.00
11	6.9	02.00	6.1	02.00
12	6.9	03.00	6.0	03.00
13	6.9	04.00	5.9	04.00
14	7.0	05.00	6.0	05.00
15	6.9	06.00	6.1	06.00
16	7.0	07.00	6.2	07.00
17	7.1	08.00	6.3	08.00
18	7.1	09.00	6.4	09.00
19	7.1	10.00	6.4	10.00
20	7.3	11.00	6.3	11.00
21	7.3	12.00	6.4	12.00
22	7.2	13.00	6.3	13.00
23	7.1	14.00	6.2	14.00
24	7.1	15.00	6.2	15.00

4.2 Analisa Data

Pada penelitian ini diperlukan suatu pengujian, agar dapat menentukan alat tersebut masih layak digunakan atau tidak dan

dapat menentukan langkah yang akan diambil selanjutnya. Pengujian yang pertama dilakukan ialah pengujian pada sistem *control open loop*, dimana pengujian ini berfungsi untuk mengetahui perlu tidaknya sistem *control* pH pada tanaman hidroponik. Pengujian tersebut dilakukan dengan cara pengambilan data dari mulai tanaman dipindah ke dalam *plant* hingga tanaman berhasil dipanen. Dari data yang diambil pH nutrisi pada tanaman hidroponik cenderung asam oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa perlunya sistem *control* pH pada tanaman hidroponik.

Kedua pengujian pada sesnsor pH, pengujian ini berfungsi untuk mengetahui bahwa sensor tersebut masih dalam batas toleransi atau tidak. Pegujian ini dilakukan dengan cara mengukur 3 larutan *buffer*, larutan yang digunakan adalah larutan *buffer* 4, 7, dan 10. Dari pengujian yang dilakukan dapat diambil data bahwa pada larutan *buffer* 4 diadapat rata-rata *error* +0,014 pada larutan *buffer* 7 diadapat rata-rata *error* -0,014. dan pada larutan *buffer* 10 diadapat rata-rata *error* -0,008. Dari rata-rata *error* yang diadapat pada pengujian larutan *buffer* tersebut masih dalam batas toleransi yang ditentukan. Oleh karena itu dapat dikatakan sensor tersebut masih baik untuk digunakan.

Selain pengujian akurasi sensor, diperlukan juga pengujian respon sensor. Respon yang dimaksud adalah waktu pengukuran dalam keadaan stabil. Hal ini perlu diujikan agar dapat menentukan waktu *delay* pada sistem penngendalian yang dibuat. Pengujian dilakukan pada respon naik dan respon turun. Pengujian pada respon naik dilakukan dengan cara mengukur larutan awal yang memiliki pH 3,8 selanjutnya pengukuran dilakukan pada larutan pH 6,0. Sehingga diadapat waktu dalam mencapai titik stabil pengukuran. Begitu juga dengan pengujian respon turun semula dilakukan pengukuran pada larutan pH 9,2 selanjutnya pengukuran dilakukan pada pH 6,0. Sehingga diadapat waktu dalam mencapai titik stabil pengukuran. Dalam mencapai waktu stabil pengujian respon turun memerlukan waktu 1 menit 26 detik sedangkan respon naik 1 menit 80 detik. Dari data yang diadapat dibuat grafik respon naik dan turun.

Selanjutnya pengujian pada sistem *control close loop*, dari kesimpulan pengujian pertama didapat perlunya sistem kontrol yang digunakan. Sistem kontrol yang dibuat dengan cara menginjeksikan larutan pH *up* dan pH *down* jika tidak sesuai dengan *set point*. Sistem kontrol tersebut juga menggunakan pH *down* karena diperlukan sistem *safety* pada sistem ketika pH berada pada titik basa. pH *up* yang digunakan adalah KOH sedangkan pH *down* yang digunakan adalah H_3PO_4 dengan diinjeksikan menggunakan motor *wiper*. Sistem kontrol yang dibuat menggunakan logika *fuzzy*, sehingga kita perlu mengetahui atau menentukan karakteristik dari komponen komponen pendukung seperti seperti, *range* operasional motor *wiper*, volume yang dikeluarkan setiap tegangan yang diberikan pada motor *wiper*, karakteristik rangkaian penguat, volume *tank reservoir* atau bak nutrisi, respon alat ukur yang digunakan hingga kekuatan atau konsentrasi larutan yang digunakan. Pada larutan yang digunakan masing-masing memiliki konsentrasi 2M. Setelah memiliki komponen yang digunakan kita dapat melakukan pengujian pada *error* mungkin ditemukan dengan menggunakan metode *trial and error*. Setelah didapat data, kemudian masuk perancangan *software*. Pada sistem ini juga dilakukan sistem *delay* 2 menit karena waktu yang diperlukan sensor untuk mencapai titik stabil dan waktu yang diperlukan sirkulasi nutrisi yang dipompa. Dalam pengujian ini terdapat 2 jenis yaitu sistem respon naik dan sistem respon turun dengan titik awal yang ditentukan yaitu pH 4,0 dan pH 10,0. Sehingga didapat respon pada grafik 4.4 dan grafik grafik 4.5 Pada grafik respon naik diperlukan waktu *settling time* (t_s) = 16 menit, *error steady state* (e_{ss}) = 0.1 pH. sedangkan pada grafik respon turun diperlukan waktu *settling time* (t_s) = 18 menit, *error steady state* (e_{ss}) = 0.1 pH.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN A
(DATA PENGUJIAN MOTOR WIPER)

Tabel 1. Data Pengujian Motor Wiper

No	Volt	Waktu (s)	Volume (ml)	
1	3	10	30	33
2	4	10	40	39
3	5	10	60	55
4	7	10	70	64
5	8	10	80	80
6	9	10	89	89
7	10	10	98	98
8	11	10	107	107
9	12	10	118	118

LAMPIRAN B
(DATA PENGUJIAN RANGKAIAN DRIVER MOTOR)

Tabel 2. Data Pengujian Driver Motor

No	PWM	Volt
1	0	0
2	5	0.2
3	10	0.5
4	15	1.3
5	20	1.7
6	25	2.2
7	30	3
8	35	4,5
9	45	5,5
10	55	6
11	65	6,9
12	80	8,1
13	100	9
14	110	9,7
15	150	10,2
16	200	11,4
17	255	12

Ket= Blok warna merah dijadikan fungsi keanggotaan

LAMPIRAN C (SERIAL CODE ARDUINO UNO)

```
#include <LiquidCrystal.h>

#define SensorPin 0          //pH meter Analog output to
Arduino Analog Input 0
#define Offset -0.50
#define pwm_pin0 11
#define pwm_pin1 10
#define motor 9
#define waktuku 30000 //2mnt

//inisialisasi PORT lcd
LiquidCrystal lcd(7, 6, 5, 4, 3, 2);
long long pewaktu;
unsigned long int avgValue;    //Store the average value of
tfloathe sensor feedback
float pHValue;
float pH;
float Error_PH;
int buf[10],temp;

//pump
int pwm0;
int pwm1;

void setup(void)
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(motor,OUTPUT);
  pinMode(pwm_pin0,OUTPUT);
  pinMode(pwm_pin1,OUTPUT);
  lcd.begin(16,2);
  pewaktu = millis();
}
```

```

void loop()
{
  int buf[10];
  for(int i=0;i<10;i++)
  {
    buf[i]=analogRead(SensorPin);
    delay(100);
  }
  for(int i=0;i<9;i++)
  {
    for(int j=i+1;j<10;j++)
    {
      if(buf[i]>buf[j])
      {
        int temp=buf[i];
        buf[i]=buf[j];
        buf[j]=temp;
      }
    }
  }
  avgValue=0;
  for(int i=2;i<8;i++)
  {
    avgValue+=buf[i];
  }
  float pHValue=(float)avgValue*5.0/1024/6;
  pH=3.5*pHValue+Offset;

  //inialisasi error
  if (pH<5.5)
  {Error_PH=5.5-pH;}
  else if(pH<=6.5&&P>=5.5)
  {Error_PH=0;}
  else
  { Error_PH=pH-6.5;}

  fuzzy();

```



```

    printer();
    if (millis()-pewaktu>=waktuku){
        generatePWM(pwm0,pwm1);
        pewaktu=millis();
    }
    printer();

//pwm0= phup koh
//pwm1= ph down h3po4
//fuzzy
//set LCD

    delay(10000);
}

void generatePWM(int peweem0,int peweem1){
    analogWrite (pwm_pin0,peweem0);
    analogWrite (pwm_pin1,peweem1);
    delay(7000);
    analogWrite (pwm_pin0,0);
    analogWrite (pwm_pin1,0);
    digitalWrite(motor,HIGH);
    delay(5000);
    digitalWrite(motor,LOW);
}

void fuzzy(){
    if (ph<=6.5&&ph>=5.5)
    {pwm0=0;
    pwm1=0;
    }

    else if( ph<=7.5&&ph>6.5 )
    {pwm0=0;
    pwm1=30;
    }

```

```
else if (ph<=8.5&&ph>7.5)
{pwm0=0;
pwm1=30+((Error_PH-1)*25/1);
}
```

```
else if (ph<=9.5&&ph>8.5)
{pwm0=0;
pwm1=55+((Error_PH-2)*45/1);
}
```

```
else if (ph<=10.5&&ph>9.5)
{pwm0=0;
pwm1=100+((Error_PH-3)*155/1);
}
```

```
else if (ph>10.5)
{pwm0=0;
pwm1=255;
}
```

```
else if (ph<5.5&&ph>=4.5)
{pwm1=0;
pwm0=30;
}
```

```
else if (ph<4.5&&ph>=3.5)
{pwm1=0;
pwm0=30+((Error_PH-1)*25/1);
}
```

```
else if(ph<3.5&&ph>=2.5)
{pwm1=0;
pwm0=55+((Error_PH-2)*45/1);
}
```

```
else if(ph<2.5&&ph>=1.5)
{pwm1=0;
```

```
pwm0=100+((Error_PH-3)*155/1);  
}
```

```
else if(ph<1.5)  
{pwm1=0;  
  pwm0=255;  
}
```

```
}
```

```
void printer(){  
  lcd.clear();  
  lcd.setCursor(0,0);  
  lcd.print("pH=");  
  lcd.setCursor(4,0);  
  lcd.print(ph,1);  
  
  lcd.setCursor(9,0);  
  lcd.print("E=");  
  lcd.setCursor(12,0);  
  lcd.print(Error_PH,1);
```

```
  lcd.setCursor(0,1);  
  lcd.print("pwm0=");  
  lcd.setCursor(5,1);  
  lcd.print(pwm0);
```

```
  lcd.setCursor(8,1);  
  lcd.print("pwm1=");  
  lcd.setCursor(13,1);  
  lcd.print(pwm1);  
  delay(100);
```

```
//set serial monitor  
Serial.print("ph ");  
Serial.print(ph,1);
```

```
Serial.println(" ");  
Serial.print("Error_PH ");  
Serial.println(Error_PH,1);  
Serial.print("pwm0 ");  
Serial.print(pwm0,1);  
Serial.print("pwm1 ");  
Serial.println(pwm1,1);  
}
```

LAMPIRAN D
(PERHITUNGAN DATA SENSOR)

Tabel 3 Pembacaan Sensor

NO	BUFFER	PEMB	BUFFER	PEMB	BUFFER	PEMB
1	7	6,8	4	4,2	10	9,8
2	7	6,8	4	4,1	10	9,8
3	7	6,8	4	4	10	9,8
4	7	6,7	4	4	10	10
5	7	6,8	4	4	10	10,0
6	7	6,9	4	4,2	10	10
7	7	6,9	4	4,3	10	9,9
8	7	6,8	4	4,2	10	9,9
9	7	6,9	4	4,1	10	10
10	7	7	4	4	10	10
11	7	7	4	4	10	10
12	7	7	4	4	10	10
13	7	7	4	4,2	10	9,9
14	7	7	4	4,1	10	9,9
15	7	7	4	4,2	10	9,8
16	7	6,9	4	4,3	10	9,9
17	7	6,8	4	4,1	10	10
18	7	6,9	4	4,1	10	10
19	7	6,9	4	4,2	10	10
20	7	6,9	4	4,1	10	9,9
21	7	7	4	4	10	9,8
22	7	7	4	4	10	9,9
23	7	7	4	4	10	9,9
24	7	7	4	4	10	9,9
		6,90833333		4,1	9,9173913	

Tabel 4 Perhitungan Ketidakpastian Hasil Pengukuran

T	\bar{x}	y	$y_i - \bar{y}$	$(y_i - \bar{y})^2$
4	4,1	-0,1	-0,13	0,0169
7	6,9	0,1	0,07	0,0049
10	9,91	0,09	0,06	0,0036
		=-0,09		=0,0254

koreksi (y) = pemb. Standar (t) – pemb. Alat (x) 0,005026667

$$\bar{y} = \frac{0,09}{3} = 0,03$$

$$= \sqrt{\frac{\Sigma(y_i - \bar{y})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,0254}{3-1}} = 0.11269427669$$

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan perancangan alat dan alat data yang telah dilakukan didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- a. Telah berhasil dirancang sistem pengendalian pH nutrisi pada *mini plant greenhouse* hidroponik. Pada pengendalian pH ini digunakan sebuah sensor pH dengan range pembacaan 0-14. Dari hasil data uji sensor yang dilakukan pada larutan *buffer* pH 7 memiliki koreksi pembacaan sebesar +0.1 sedangkan untuk pengukuran sensor yang digunakan dengan pH *buffer* 4 didapat nilai koreksi pembacaan sensor sebesar -0.1. Dan untuk pengukuran sensor yang digunakan dengan pH *buffer* 10 didapat nilai koreksi pembacaan untuk sensor sebesar 0,09. Berdasarkan koreksi tersebut didapat standart deviasi (σ) = 0.11.
- b. Pengendalian pH yang dirancang pada sistem ini menggunakan metode logika *fuzzy*. Dalam perancangan metode tersebut diperlukan sebuah pengambilan data aktuator, rangkaian *driver motor* hingga nantinya diuji dengan metode *trial and error*. Hasil pengujian tersebut diterapkan ke dalam matlab yang akan di integrasikan ke dalam arduino.
- c. Pengendalian pH pada *mini plant* hidroponik menggunakan *controller* arduino uno dengan aktuator 2 motor *wiper* dan motor dc dengan *set point* pengendalian pH 5,5-6,5. Sistem kontrol tersebut bekerja dengan cara ketika pH dibawah 5,5 motor *wiper* larutan pH *up* aktif sesuai logika *fuzzy* yang dibuat dan ketika pH diatas 6,5

motor *wiper* larutan pH *down* tersebut aktif sesuai logika *fuzzy* yang dibuat.

- d. Dari data pengujian pH yang dilakukan tiap lubang, didapatkan data pH yang tidak jauh berbeda dengan pH yang ada pada *tank* nutrisi. Dimana besar pH pada *tank* nutrisi sebesar 6,4 sedangkan pada setiap lubang memiliki pH 6,4-6,5.
- e. Dari data pengujian alat pada sistem pengendalian pH nutrisi pada mini *plant greenhouse* hidroponik dapat diambil data respon kontrol yang dibuat dengan titik awal yang ditentukan. Titik awal yang ditentukan adalah pH 4 dan pH 10. Pada grafik respon naik diperlukan waktu *settling time* (t_s) = 16 menit, *error steady state* (e_{ss}) = 0.1 pH. sedangkan pada grafik respon turun diperlukan waktu *settling time* (t_s) = 18 menit, *error steady state* (e_{ss}) = 0.1 pH.

5.2 Saran

Berdasarkan perancangan alat dan alat data yang telah dilakukan didapatkan beberapa Saran sebagai berikut :

- a. Diharapkan pada penelitian selanjutnya dalam kontrol pH menghitung waktu memberikan waktu *delay* pada pembacaan agar lebih stabil.
- b. Diharapkan pada sistem penelitian selajutnya lebih memperhatikan sistem *mixing* yang digunakan agar larutan lebih mudah terlarut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alfithoni, Dzul Fikar. 2015. *Rancang Bangun Sistem Pengendalian pH Pada Miniplant Greenhouse Hidroponik Berbasis Mikrokontroler Arduino*. Surabaya : Jurusan Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [2] Kusumadewi, Sri. *Analisis Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Tool Box Matlab*. Yogyakarta: Informatika, 2002
- [3] Susila, Anas D. 2013. *Sistem Hidroponik*. Bogor : Departemen Agronomi dan Holtikultura Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- [4] Anonim. *Bab II Landasan Teori*. Jakarta : Universitas Mercu Buana.
- [5] Anonim. *Bab II Tinjauan Pustaka*. Sumatra Utara : Universitas Sumatra Utara.
- [6] Debataraja, Aminuddin. 2011. *Mikrofabrikasi Elektroda untuk Aplikasi Deteksi Konsentrasi $[H^+]$ dengan Teknologi Lapisan Tebal*. Depok : Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Jakarta.
- [7] Triwiyatno, Aris. *Konsep Umum Sistem Kontrol*. Jakarta : Buku Ajar Sistem Kontrol Analog.
- [8] Anonim. *Bab II Tinjauan Teoritis*. Sumatra Utara : Universitas Sumatra Utara.
- [9] Hendri, Suhendri, (<http://belajar-dasar-pemrograman.blogspot.co.id/2013/03/arduino-uno.html>) diakses tahun bulan Maret 2016
- [10] Rosliani, Rini. 2005. *Budidaya Tanaman Sayuran dengan Sistem Hidroponik*. Bandung : Balai Penelitian Tanaman Sayuran.
- [11] Binus University, (<http://socs.binus.ac.id/2012/03/02/pemodelan-dasar-sistem-fuzzy/>) diakses bulan Maret 2016

Halaman ini sengaja dikosongkan